(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 3
2025

UO‘K: 622.765:669.21/.23:532.5 10.70769/3030-3214.SRT.3.3.2025.31

KONSENTRATSION STOLDAGI ZARRACHALARNI AJRATISH JARAYONINING NAZARIY ASOSLARI

Tayraliyev Sherzod Tayrali o‘g‘li

OKMK Kouldi koni shaxta geologi, Mustaqil tadqiqotchi, Fan va taraqqiyot DUK, Toshkent, O‘zbekiston

Ergashev Mahmud Axbaraliyevich

Islom Karimov nomidagi TDTU Olmaliq filiali tayanch doktoranti, Toshkent, O‘zbekiston

Eraliyev Abdug‘affor Anarboy o‘g‘li

“Multinational Mine Group” Maydalash sexi smena boshlig‘i, Tayanch doktorant, Fan va taraqqiyot DUK, Toshkent, O‘zbekiston

Annotatsiya. *Maqolada Kauldi konining rudasi va yotgan shlamlarini qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqish va Kauldi konining sinovdan o‘tgan ruda uchastkasi sharoitida 100 kg shlam (rudalarni maydalash va yuvish paytida hosil bo‘lgan) tayyorlash bo‘yicha tadqiqot natijalari ko‘rib chiqilgan. Ushbu sinovlarda oltin va kumush tarkibli shlamlarni gravitatsion usulda boyitishda qayta ishlash imkoniyatlari va texnologik ko‘rsatkichlari aniqlandi. Sinov davrida oltin tarkibli shlamlarni gravitatsion usulda boyitishda qayta ishlash imkoniyatlari va texnologik ko‘rsatkichlari aniqlandi. Sinov davrida texnologik ko‘rsatkichlarni hisoblash uchun boyitish mahsulotlarining balans namunalari olindi.*

Kalit so‘zlar: *Konsentratsion stol, gravikonsentrat, gravitatsiya, shlam, Kauldi koni.*

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ НА КОНЦЕНТРАЦИОННОМ СТОЛЕ

Тайралиев Шерзод Тайрали угли

Шахтный геолог месторождения Коулди АГМК, Независимый исследователь, ГУП «Фан ва тараккиёт», Ташкент, Узбекистан

Эргашев Махмуд Ахбаралиевич

Базовый докторант Алмалыкского филиала ТГТУ имени Ислама Каримова, Ташкент, Узбекистан

Эралиев Абдугаффор Анарбой угли

Начальник смены дробильного цеха «Multinational Mine Group», Базовый докторант, ГУП «Фан ва тараккиёт», Ташкент, Узбекистан

Аннотация. *В статье рассматривается результаты исследования по разработке технология переработка руды и лежалых шламов рудника Каульды и проведения опытно-промышленных испытанный в условиях участок руда подготовка рудника Каульды было 100 кг шламов (образовавшихся при дроблении и отмывки руды). На данных испытаний определено возможности переработки и определено технологических показателей при гравитационной обогащении золото и серебросодержащих шламов гравитационным методом. В период испытаний определено возможности переработки и определено технологических показателей при гравитационной обогащении золотосодержащих шламов гравитационным методом. В период испытаний производило отбор балансовых проб продуктов обогащения для расчёта технологических показателей.*

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 3
2025

Ключевые слова: *Концентрационный стол, гравиконцентрант, гравитация, шлам, рудник Каульды.*

THEORETICAL FOUNDATIONS OF THE CONCENTRATION TABLE PARTICLE SEPARATION PROCESS

Tayraliev Sherzod Tayrali ugli

Mine geologist of the Kouldi deposit of AGMK, Independent researcher, SUE "Fan va taraqqiyot", Tashkent, Uzbekistan

Ergashev Makhmud Akhbaraliyevich

Basic doctoral student of the Almalyk branch of TSTU named after Islam Karimov, Tashkent, Uzbekistan

Eraliev Abdugaffor Anarboy ugli

Shift supervisor of the "Multinational Mine Group" crushing plant, Basic doctoral student, "Fan va taraqqiyot" State Unitary Enterprise, Tashkent, Uzbekistan

Abstract. *The article discusses the results of research on the development of technology for processing of ore and waste sludge of the mine Kauldy and carrying out pilot tests tested in the conditions of the site ore preparation of the mine Kauldy was 100 kilogramms of sludge (formed during crushing and washing of ore). On these tests determined the possibility of processing and determined the technological indicators in gravity concentration of gold and silver-bearing sludge by gravity method. During the period of tests the possibilities of processing were determined and technological indicators were determined at gravity concentration of gold-containing sludge by gravity method. During the period of tests the balance sampling of enrichment products for calculation of technological indicators was carried out.*

Keywords: *Concentration table, gravity concentrator, gravity, sludge, Kauldy mine.*

Kirish. Konsentratsion stol yanchilgan ruda va shlamlarni zichligi hamda granulometrik tarkibi bo‘yicha ajratishga mo‘ljallangan eng samarali gravitatsion qurilmalardan biridir. Stol dekasi bo‘ylab oqayotgan yupqa qatlamli suspenziyada zarrachalar gidrodinamik bosim, ishqalanish va og‘irlik kuchlari ta’sirida qatlamlanadi; riflar oralig‘ida og‘ir (metallga boy) donalar pastki qatlamlarga "cho‘kib", yengil bo‘sh jinslar esa yuvilib chiqindiga ketadi. Shu mexanizm oltin–kumushga boy shlamlarni qayta ishlashda qo‘shimcha metall olish imkonini beradi va flotatsiya bilan kombinatsiyada yuqori texnologik samaradorlikka erishishga xizmat qiladi.

Mazkur tadqiqotning maqsadi — OKMK Kouldi (Kauldi) koni rudasini yuvish va maydalash jarayonlarida hosil bo‘lgan shlamlarni konsentratsion stolda boyitishning nazariy asoslarini aniqlash, tajriba-sanoat sinovlarini o‘tkazish va texnologik ko‘rsatkichlarni baholashdir. Bunda dekaga berilgan burilish burchagi ($\alpha \approx 10–12°$), dekaning tebranish parametrlari, yuvuvchi suv sarfi va oqim chuqurligi, hamda zarracha tezliklari (v), tezlanishi (a) va qatlamlanish kinetikasi (V.Volchenko tenglamasi) nazariy jihatdan ko‘rib chiqildi.

Tajriba obyektlari sifatida oltin va kumush saqlovchi shlamlardan 100 kg namunalar tayyorlandi. Konsentratsion stol rejimlari tanlandi, mahsulotlardan balans namunalari olindi va ikki sikl bo‘yicha hisob-kitoblar bajarildi. 1-tajribada umumiy konsentratning oltin bo‘yicha o‘rtacha tarkibi 30,96 g/t, ajratib olish 38,66%; 2-tajribada esa mos ravishda 40,71 g/t va 46,98% ga erishildi (0,16 mm sinf bilan qo‘shilganda oltin bo‘yicha ajratib olish 47,74%). Kumush bo‘yicha mos ravishda 9,67% va 16,26% (0,16 mm bilan 17,07%) natijalar olindi. Bu ko‘rsatkichlar konsentratsion stol yordamida shlamlardan iqtisodiy jihatdan sezilarli qo‘shimcha metall qaytarib olinishi mumkinligini ko‘rsatadi.

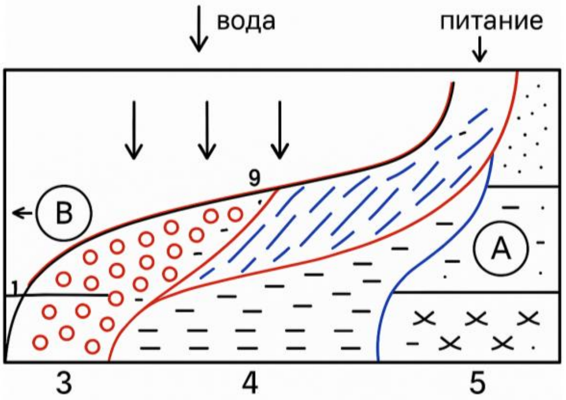
Tadqiqot usuli. Konsentratsion stoldagi jarayon shunday kechadiki, yanchilgan ma’dan suv oqimi ta’sirida stolning qiya yuzasi bo‘ylab ko‘ndalang yo‘nalishda harakatlanadi. Bu jarayon 1-rasmda ko‘rsatilganidek, A zonasidan B tomonga qarab boradi. Bunda ma’dan zarrachalari suv oqimi bilan birga stolning qiya (deka) yuzasida ko‘n-

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 3
2025

dalangiga siljiydi.

Shu bilan birga, mayda ma’dan zarralari bo‘ylama harakatga ega, ya’ni deka bo‘ylab harakatlanadi. Bu yerda og‘irlik kuchi, turbulent suv oqimining gidrodinamik bosim kuchi va dekadagi ishqalanish kuchi mutanosib ravishda ta’sir qiladi, bu asosan stolning pastki qatlamida sodir bo‘ladi. Tarkibida zichligi va o‘lchamlari bilan farq qiluvchi mis, oltin va kumush bo‘lgan ma’danli jismlarning harakati bir xil emas, tarkibida metallar (oltin va mis) bo‘lgan ma’danli jismlar tezlik vektorining yuqori inersion tashkil etuvchisiga ega bo‘ladi, yirik ma’danli jismlar (ular bo‘sh tog‘ jinslari bo‘lishi mumkin) esa suv oqimining katta gidrodinamik bosimiga duch keladi. Oqimning zich qatlamlarida sekinlik bilan segregatsiya sodir bo‘ladi - ya’ni zarrachalarning notekis joylashishi va oraliqlarda mayda metall tarkibli komponentlarning elanishi sodir bo‘ladi.

1-rasm. A zonasida, ya’ni yuklovchi tomo-nida, asosan yirik va eng yengil bo‘sh jinslar joylashgan. "B" zonasida mayda jinslar mavjud bo‘lib, donalarning o‘lchami kamayadi, zichligi esa ortadi, shuningdek, ulardagi mis va qimmatbaho metallar miqdori ko‘payadi. Asosiy metall dona-chalari, erkin holatdagi oltin, kumush va mis ajralib chiqib, qora chiziq (boshcha) hosil qiladi - bu gravikonsentratga nisbatan boyroq materialdir. Juda mayda, tuproqsimon tarkibli, mis va qimmatbaho metallar miqdori juda past bo‘lgan shlamlar A zonasining 5-qismida qolib, suv bilan yuvilib, yirik zarrachalar orasidan chiqindilarga chiqib ketadi. 1-rasmda ko‘rsatilganidek, stol qopqog‘ida turli xil ruda minerallari yelpig‘ichsimon tarzda joylashgan.



1-rasm. Konsentratsion stol dekasida va gravitatsion boyitish jarayonida turli materiallarning harakatlanishi natijasida ma’danli jinslarning joylashishi.

Natijalar va muhokama. Oltin va kumush metallarini o‘z ichiga olgan ma’dan tanachalari konsentratsiya stolining dekasi bo‘ylab harakatlanganida, oqimning yuqori qatlam-laridan ketma-ket riflar orasidagi bo‘shliqlarga tushadi va u yerda qayta qatlamlanadi. Yuvuvchi suvning ko‘ndalang oqimi ma’danning bo‘sh jinslarini qo‘shimcha ravishda yuvib chiqaradi, ya’ni graviokonsentrat tozalanadi. Bu jarayon ma’dan zarrachalarining riflararo kanallar bo‘ylab ma’danni bo‘shatish tomonga shiddatli harakat-lanishi paytida sodir bo‘ladi.

1-jadval

Shlamli namunani gravitatsiya usulida boyitish natijalari (1-tajriba)

Mahsulot	Chiqishi, %	Miqdori, %, g/t		Ajratib olish, %	
		Au	Ag	Au	Ag
Konsentrat 1	1,74	56,5	53,1	22,83	3,48
Konsentrat 2	1,74	25	50,1	10,10	3,29
Konsentrat 3	1,90	13	40,6	5,73	2,91
Otval chiqindisi	94,62	1,792	5,33	61,34	90,33
Jami	100,00	4,31	26,53	100,00	100,00
Umumiy konsentrat	5,38	30,96	47,71	38,66	9,67

Otval chiqindilarining elakdan o‘tkazilgan o‘lcham xususiyatlari 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

Otval chiqindilarida oltin va kumush bo‘laklarining yirikligi bo‘yicha sinflanishi.

Sinf, mm	Chiqishi,%		Miqdori, % g/t		Ajralishi, %	
	gr	%	Au	Ag	Au	Ag
+0,21	36,5	1,83	2,43	9,37	2,85	1,17
-0,21+0,15	28,9	1,45				
-0,15+0,1	140,9	7,05	1,86	6,32	4,69	1,71
-0,1+0,071	215,5	10,78	2,4	8,78	9,26	3,63
-0,071+0,044	127,7	6,39	2,3	15,48	5,26	3,79
-0,044	1450,5	72,53	3	32,28	77,94	89,71
Jami	2000	100	2,792	26,097	100	100

3-jadval

Shlamli namunani gravitatsiya usulida boyitish natijalari (2-tajriba)

Mahsulot	Chiqishi, %	Miqdori, %, g/t		Ajralishi, %	
		Au	Ag	Au	Ag
+0,16 mm	3,04	1,91	7,01	0,76	0,81
Konsentrat 1	7,19	46	52,1	43,56	14,20
Konsentrat 2+3	1,57	16,5	34,6	3,42	2,06
Otval chiqindisi	88,20	1,5	4,82	52,26	82,93
Jami	100,00	7,60	26,40	100,00	100,00
Umumiy konsentrat	8,77	40,71	48,96	46,98	16,26
Umumiy gravikonsentrant + sinf 0,16 mm	11,8	30,73	38,16	47,74	17,07

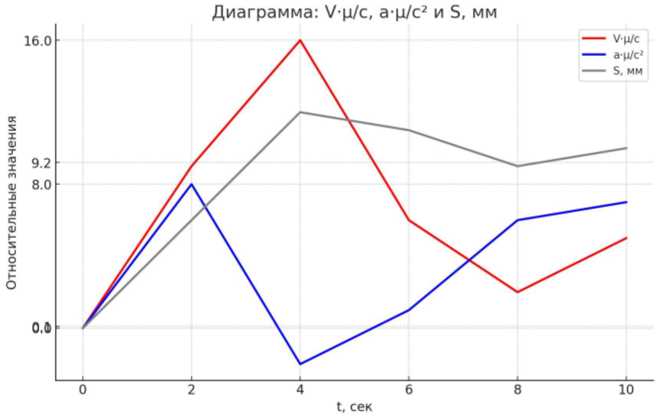
Ma’dan tanasining deka bo‘ylab harakati natijasida u gorizontal yo‘nalishdan yuqoriga ma’lum bir α burchakka ega bo‘ladi (bizning tadqiqotlarimizda α=12-10° deb qabul qilingan).

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 3
2025

Konsentratsion stol dekasining tebranishidan kelib chiqadigan og‘irlik kuchining vertikal tashkil etuvchisi M·cosωt·sinα ga teng bo‘ladi.

Bu yerda M - muhitdagi ma’dan jismining massasi

Jarayonning nazariy asoslarini ko‘rib chiqsak, g‘alvirning tebranishidan hosil bo‘lgan jadallash-tiruvchi kuchning ta’sir etish vaqti va to‘xtash vaqti (bu yerda stolning harakatlari, orqaga va oldinga yurishi hisobga olinadi) qanday nisbatda bo‘lishi kerakligini aniqlash zarur.



2-rasm. Bu yerda S - ma’danli jismning stol yuzasi bo‘ylab bosib o‘tgan masofasi, mm;
v - tezlik, m/s, a - deka tezlanishi, m/s²;
ℓ - deka tebranishining amplitudasi ω=2π·n:
n - tebranish chastotasi, t - dekaning chetki holatidan harakatlanishi boshlanganidan beri o‘tgan vaqt.

$$a=\frac{L\omega^2}{2}(\cos\omega t - \lambda\cos 2\omega t)$$

Agar ikkinchi garmoniya amplitudasining birinchi garmoniya amplitudasiga nisbati ƛ ekan-ligini hisobga olsak, ƛ = 1/2 ga teng bo‘ladi. Bu yerda e’tibor qarating, a-m/s² (tezlanish) teskari yo‘nalishdagi maksimal tezlanishning mutlaq qiymati dekaning to‘g‘ri yo‘nalishdagi maksimal tezlanishidan 1,5-2 barobar katta. Ma’dan tanasi flotatsiyaga tayyorlangan holda mayda may-dalanganini inobatga olsak, ya’ni maydalangan qismining 80% gacha bo‘lgan qismi 0,074 mm o‘lchamgacha maydalangan.

Bunday yirik rudada mis asosan xalkopirit, xalkozin va oz miqdorda kovellin ko‘rinishida mavjud bo‘lib, oltin va kumushning 50% gacha qismi mis va temirning sulfidli minerallarida (pirit mineralida) joylashgan. Mis va temirning barcha sulfidli birikmalari 5,5 dan 8,0 g/sm³ gacha zichlikka ega bo‘lib, bu ko‘rsatkich oltin, kumush, molibden va platinoidlar miqdoriga bog‘liq.

Qolgan 20 foiz ma’dan tanalarining yirikligi 0,1 dan 0,25 millimetrgacha bo‘ladi. Selen, tellur, reniy, molibden, nikel va boshqa rangli metallar aynan shu yiriklikdagi zarrachalarda yo‘qoladi. Flotatsiya jarayonida bu yirik zarrachalar flotatsiya chiqindilari bilan birga yo‘qotiladi. Konsentratsion stoldagi gravitatsion boyitish usulida ham yirik qismlar (diametri 0,1 millimetrdan katta bo‘lgan) yaxshi ajratib olinadi, chunki konsentratsion stol-ning sathida suspenziyalardagi donalar qatlamlarga ajraladi. Stol sathida bir xil zichlikdagi suspenziya qatlamlarining shakllanishi massalar ta’siri qonuniga muvofiq sodir bo‘lishi va maydalangan ma’dan tanasining ko‘ndalang oqimi pastki maydonining tekisligi asosida tahlil qilingan.

Bunda professor V.Volchenko zarra-chalarning taqsimlanish kinetikasini tavsiflash uchun birinchi tartibli tenglamadan foydalangan.

$dF_p/dt = - k_0F_0$

bu yerda, F_p - ajratish zonasidagi yengil fraksiyalar miqdori, ya’ni bo‘sh jins

k_0 - rangli va qimmatbaho metallar bo‘lmagan yengil fraksiyalar, ya’ni bo‘sh jinslarning ajralib chiqish tezligini tavsiflovchi koeffitsiyent.

Bundan tashqari, og‘ir zarrachalarning taqsimlanishi zarrachaning harakat tezligiga (ν, m/s) bog‘liq. Yuqori zichlikdagi zarralar uchun (ρ - 4,7 - 7,5 g/sm³) bu tezlik 1 sm/s dan kam bo‘ladi. Bo‘sh jins zarralari uchun esa, ya’ni tarkibida 55-65% gacha SiO_2, 7% gacha Al_2O_3, hamda 15% gacha CaO+MgO, $CaCO_3$ va $MgCO_3$ mavjud bo‘lgan zarrachalar uchun, bu ko‘rsatkich 1,0 - 1,7 sm/s ni tashkil etadi.

Shu bilan birga, stol yuzasidagi oqimlarning yuza tezliklari solishtirma suv sarfi va oqim chuqurligiga qarab 7,0 sm/soniyadan 9,5 sm/soniyagacha bo‘ladi. Bu yerda oqim chuqurligi riflarning balandligi bilan ham belgilanadi.

Konsentratsion stolning dekasi bo‘ylab bo‘ylama harakatlanish uchun zarrachaning inersiya kuchi ruda tanasi va deka yuzasi orasidagi ishqalanish kuchidan katta bo‘lishi kerak.

Kouldi koni ma’danlarini o‘rganish natijalari shuni ko‘rsatadiki, tarkibida oltin va kumush metallari mavjud bo‘lgan og‘ir zarralar uchun (15-30 g/t gacha oltin, 25-38 g/t gacha kumush va 0,7 g/t gacha platina hamda palladiy) bo‘ylama harakatlanish tezligi 2,2 - 4,2 sm/soniyani, Kouldi

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 3
2025

rudasining bo‘sh jinslari uchun esa 1,5 - 2,1 sm/soniyani tashkil etadi. Shunday qilib, Kouldi koni ma’danini konsentratsion stolda tadqiq qilishda quyidagilar kuzatiladi. Konsentratsion stol dekasida ularning taqsimlanishining umumiy qonuniyati:

1. Konsentratsion stoli deskasining uzunligi bo‘yicha - zichlikning 8,0 g/sm³ gacha ortishi va ruda tanasi o‘lchamining 0,071 mm gacha kichrayishi

2. Stolning kengligi bo‘yicha - ruda tanasi zarrachalarining zichligi kamayishi va o‘lchami kattalashishi

3. Oqim balandligi bo‘yicha - zichlikning 2,5 g/sm³ gacha pasayishi va ruda tanasi o‘lchamining 0,1 mm gacha kattalashishi.

Xulosa. Kouldi koni shlamlarini konsentratsion stol orqali boyitish bo‘yicha tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, dekaning α≈10–12° og‘ish burchagi, barqaror tebranish va yuvuvchi suv sarfini optimallashtirish sharoitida riflar oralig‘ida qatlamlanish samarali kechadi va og‘ir fraksiyalar (oltin–kumushga boy) konsentrat yo‘liga, yengil fraksiyalar esa chiqindiga ajraladi; natijada 1-tajribada umumiy konsentrat tarkibi Au 30,96 g/t bo‘lib 38,66% oltin ajratib olindi, 2-tajribada esa Au 40,71 g/t bilan 46,98% (0,16 mm sinfi qo‘shilganda 47,74%) ga erishildi; kumush bo‘yicha mos ravishda 9,67% va 16,26% (0,16 mm bilan 17,07%); bu ko‘rsatkichlar konsentratsion stol yordamida shlamlardan iqtisodiy jihatdan sezilarli metall qaytarib olish mumkinligini tasdiqlaydi; amaliy jihatdan jarayonni flotatsiya bilan zanjirda bog‘lash, 0,1–0,25 mm fraksiyani oldindan elaklab alohida rejimda boyitish va suv-tebranish parametrlarini operativ nazorat qilish tavsiya etiladi, istiqbolda esa rif geometriyasi hamda mashina parametrlarini matematik modellashtirish orqali ajratish samaradorligini yanada oshirish maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Негматов, С. С. (2019, 18 сентября). Народное слово, (№194 (7393)).
2. Юшина, Т. И. (2002). Материаловедение. Флотационные реагенты: Учебное пособие (Часть 1, с. 123). Москва: МГГУ.
3. Хасанов, А. С., и Хакимов, К. Ж. (2022, 30 ноября). Техноген чиқиндиларни қайта ишлаш бўйича саноат корхоналарида ривожлантиришнинг янги усуллари ва истиқболлари. В Международная студенческая конференция «Фан, таълим ва ишлаб чиқариш интеграцияси асосида муҳандислик-технология соҳасини ривожлантириш истиқболлари».
4. Толибов, Б. И., Асроров, А. А., Фузайлов, О. У., Хасанов, А. С., и Сатторов, Г. С. (2013). Рациональный анализ как метод косвенного определения технологических показателей извлечения золота. В VI Международная заочная научно-практическая конференция: Научная дискуссия — вопросы технических наук.
5. Хурсанов, А. Х., Негматова, К. С., Бозоров, А. Н., Негматов, С. С., Икрамова, М. Э., Негматов, Ж. Н., и Рахимов, Х. Ю. (б.д.). Изучение механизма взаимодействия композиционных химических флотореагентов-вспенивателей в процессе флотации руд частицами цветных и благородных металлов в металлургии. Композитсион материаллар, с. 184.
6. Хурсанов, А. Х., Негматов, С. С., Негматова, К. С., Икрамова, М. Э., Негматов, Ж. Н., Бозоров, А. Н., и Раупова, Д. Н. (2022). Разработка эффективных составов композиционных химических флотореагентов-вспенивателей, исследование их физико-химических свойств и флотационной способности. Universum: Технические науки, 3(2(96)), 29–37.
7. Хурсанов, А. Х., Негматов, С. С., Негматова, К. С., Абед, Н. С., Икрамова, М. Э., Негматов, Ж. Н., Бозоров, А. Н., и Раупова, Д. Н. (2022). Технология получения композиционных химических флотореагентов-вспенивателей на основе местного сырья и отходов производств для применения в процессе флотации медно-молибденовых руд. В Нефтегазохимия–2022 (сс. 185–188).